

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

Witono Dkk pada penelitiannya yang berjudul Pengaruh Perlakuan Alkali (NaOH) Terhadap Morfologi dan Kekuatan Tarik Serat Mendong meneliti tentang Modifikasi kimia pada serat dengan menggunakan larutan Natrium Hydroxide (NaOH) secara langsung mempengaruhi struktur serat seperti mengubah komposisi kimia serat dan meningkatkan kinerja serat alami sebagai penguat komposit. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menginvasi pengaruh larutan NaOH terhadap kekuatan tarik dan morfologi serat Mendong. Konsentrasi larutan NaOH adalah 2,5% v / v; 5% v / v; dan 7,5% v / v pada percobaan ini. Serat mendong direndam selama 2, 4 dan 6 jam dalam larutan NaOH. Suhu pada penelitian ini adalah 26 oC. Kekuatan tarik serat Mendong meningkat dengan meningkatkan konsentrasi larutan NaOH dan durasi perendaman setelah melebihi konsentrasi larutan NaOH dan durasi perendaman kekuatan tarik akan berkurang. Kekuatan tarik tertinggi adalah 497,34 MPa dengan konsentrasi larutan NaOH 5% v / v dan durasi perendaman, 2 jam. Kekasaran serat Mendong dengan merendam dalam larutan NaOH lebih tinggi daripada tanpa merendam dalam larutan NaOH. Perendaman pada konsentrasi larutan NaOH tertinggi menyebabkan kekasaran tertinggi. (Witono et al., 2013)

Irfa'I pada penelitiannya yang berjudul Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Geser Komposit Berpenguat Serat Ijuk (Acak-Anyam-Acak) Dengan Resin Polyester membahas tentang pengaruh fraksi volume serat dan lama waktu perendaman NaOH terhadap kekuatan impak komposit lamina berpenguat serat ijuk. Material yang digunakan adalah serat ijuk acak yang telah ditreatment NaOH, resin polyester 157 BQTN (UPRs) dan hardener MEKPO. Serat ijuk setelah dicuci bersih kemudian dibuat komposit polyester-serat ijuk dengan fraksi volume serat 20%, 30%, 40%, 50% dan 60%. Serat ijuk yang lain direndam dalam larutan NaOH 5% dengan lama waktu perendaman 0 jam, 2 jam, 4 jam, 6 jam dan 8 jam kemudian dilakukan pencetakan komposit. Metode pembuatan komposit dilakukan secara hand lay up. Komposit tersusun dari 3 lamina serat ijuk acak, setelah proses pencetakan selesai dibuat menjadi spesimen uji impak. Spesimen uji impak dibuat

sesuai dengan standart JIS K 7062. Pemeriksaan penampang patahan secara visual dan SEM (Scanning Electron Microscopy) dilakukan untuk mengetahui mekanisme patahan. Semua spesimen dikenai pemanasan akhir (post cure) pada suhu 62o C selama 4 jam. Pengujian impak dilakukan dengan menggunakan mesin uji impak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposit polyester berpenguat serat ijuk memiliki kekuatan impak tertinggi 0,9703 joule pada fraksi volume serat  $V_f = 30\%$ , sedangkan lama waktu perendaman paling optimal selama 2 jam dengan kekuatan impak tertinggi 0,9073 joule. Penampang patahan menunjukkan bahwa komposit serat ijuk tercabut dari matriks (fiber pull out) yang mengindikasikan lemahnya ikatan antara serat dan matriks.( Irfa'I et al., 2016)

Hadi pada penelitiannya yang berjudul Analisa Teknis Penggunaan Serat Daun Nanas Sebagai Alternatif Bahan Komposit Pembuatan Kulit Kapal Ditinjau Dari Kekuatan Tarik, Bending Dan Impact meneliti tentang analisa kekuatan tarik, bending dan impak kemudian dibandingkan dengan nilai yang di ijinakan oleh Biro Klasifikasi Indonesia sebagai tolak ukur standar ujinya. Pengujian komposit berpenguat serat daun nanas membandingkan arah serat sudut 0°, 11.25°, 22.50° dan 45°, perlakuan serat pola anyaman, fraksi volume 70% matriks polyester dan 30% serat daun nanas, dengan metode hand lay up, hasil pengujian didapat nilai kekuatan tarik tertinggi dimiliki oleh komposit dengan arah sudut 45° rata – rata kuat tariknya 34.8 Mpa dan rata – rata modulus elastisitasnya 6088.16 Mpa, sedangkan nilai kekuatan uji bending tertinggi pada sudut 22.50° dengan nilai rata – rata 144.08 Mpa dan nilai uji impact tertinggi pada sudut 45° dengan nilai 0.0375 joule/mm<sup>2</sup>. Hasil pengujian menunjukan bahwa kekuatan tarik, modulus elastisitas dan kekuatan uji bending tertinggi dari komposit berpenguat serat daun nanas belum dapat memenuhi ketentuan peraturan kekuatan tarik dan modulus elastisitas dari BKI yang mempunyai nilai standar kekuatan tarik 100 Mpa, modulus elastisitas 7000 Mpa dan kekuatan bending 150 Mpa.(Hadi et al., 2016)

Asroni pada penelitiannya yang berjudul Pengaruh Komposisi Resin Poliester Terhadap Kekerasan Dan Kekuatan Tarik Komposit Papan Partikel Onggok Limbah Singkong meneliti tentang nilai komposisi yang baik resin poliester yang diperkuat bahan onggok (limbah singkong) dan mengetahui berapa nilai kekuatan tarik dan kekerasan komposisi yang diperkuat bahan onggok (limbah

singkong). Komposit adalah material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material sehingga dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Serbuk ongkok yang digunakan sudah mengalami perlakuan penjemuran dan pengayakan untuk mencari ukuran 20 mesh unsaturated resin polyester YUKALAC 157 BQTN-EX. . Komposit dibuat dengan cara manual dengan komposisi resin 40%:60%, 50%:50%, 60%:40%. Dari hasil pengujian tarik yang didapat maka dapat disimpulkan bahwa fraksi volume 40%:60%, 50%:50% dan 60%:40% yaitu sebesar 21,68 N/mm<sup>2</sup>, 14,35 N/mm<sup>2</sup>, dan 18,75 N/mm<sup>2</sup>. Hal ini menyatakan bahwa pada komposit 50% memiliki nilai kuat tarik terendah yaitu 14,35 N/mm<sup>2</sup> dikarenakan timbul void (gelembung udara) sehingga, kerapatan partikel dan matrik rendah, sehingga daya ikat partikel sebagai penguat juga rendah hal ini juga bisa disebabkan ikatan antar partikel yang kurang kuat menyebabkan mudah terjadinya gelembung udara (Void). Adapun hasil pengujian yang didapat nilai kekerasan dengan fraksi volume 40% :60%, 50%:50% dan 60%:40% yaitu sebesar 116,77 HRR, 100,31 HRR, dan 97,9 HRR. Dari hasil pengujian yang dilakukan di B4T Bandung didapat bahwa, hasil kekuatan tarik rata-rata dengan fraksi volume resin 40%:60%, 50%:50%, 60%:40% sebesar 21,68 N/mm<sup>2</sup>, 14,35 N/mm<sup>2</sup>, dan 18,75 N/mm<sup>2</sup>. Hasil kekerasan rata-rata dengan fraksi volume resin 40%:60%, 50%:50%, 60%:60% sebesar 116,77 HRR, 100,31 HRR. (Asroni, 2016)

Refiadi pada penelitiannya yang berjudul Pembuatan Material Komposit Polimer Dengan Metoda Vacuum Assisted Resin Infusion (VARI) meneliti tentang metoda VARI yang telah berhasil dilaksanakan dalam membuat material komposit polimer yang tersusun atas matriks polyester dan serat penguat berbentuk tenun (*woven*) *E-glass plain weave*. Karakteristik proses VARI berdasarkan system yang dihasilkan adalah bahwa VARI dapat dilaksanakan melalui dua cara; pertama melalui aplikasi media distribusi dan breather (*SCRIMP method*) dan kedua, melalui modifikasi penempatan system saluran resin dan saluran vakum (*KIS method*). Berdasarkan hasil komparatif terhadap produk Hand Lay-up, disimpulkan bahwa VARI memiliki keunggulan dalam hal pencapaian ; target perancangan komposit polimer, tingkat fraksi volume serat dan fraksi volume void. (Refiadi, 2005)

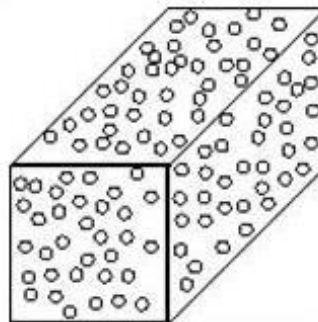
## 2.2 Komposit

Komposit merupakan material yang terbentuk dari 2 atau lebih material pembentuknya melalui campuran yang tidak homogeny dan sifat mekanik dari masing-masing material tersebut berbeda. Campuran tersebut dihasilkan material komposit yang memiliki sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya, jadi kita dapat merancang kekuatan dari material komposit yang kita inginkan dengan cara mengatur komposisi dari material pembentuk, yang merupakan gabungan antara bahan matriks/ pengikat dengan penguat.(Oroh, 2013)

Sifat umum dari material komposit apabila dibandingkan dengan komponen penyusunnya memiliki sifat yang lebih ringanm lebih baik dan memiliki ketahanan terhadap korosi dan keahanan arus yang lebih baik dan memiliki umur fati yang lebih lama.(Adjiantoro et al.,2014)

### 1. Komposit Partikel

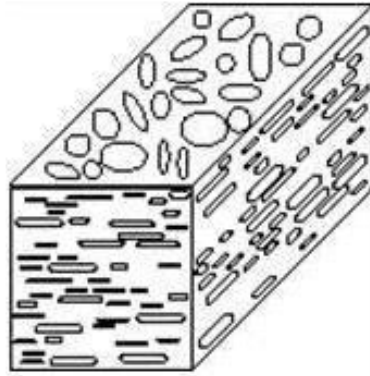
Komposit partikel adalah material komposit yang memiliki bahan penguat yang berbentuk partikel atau butiran. Misal bulat, serpih atau balok serta bentuk sejenisnya yang punya panjang sumbu hamper sama, dan dapat terbuat dari 1 atau lebbih material yang dipakai dalam suatu matrik dari material yang berbeda.



Gambar 2.1 : Komposit partikel (Lumintang et al., 2011)

### 2. Komposit serpih (*flake*)

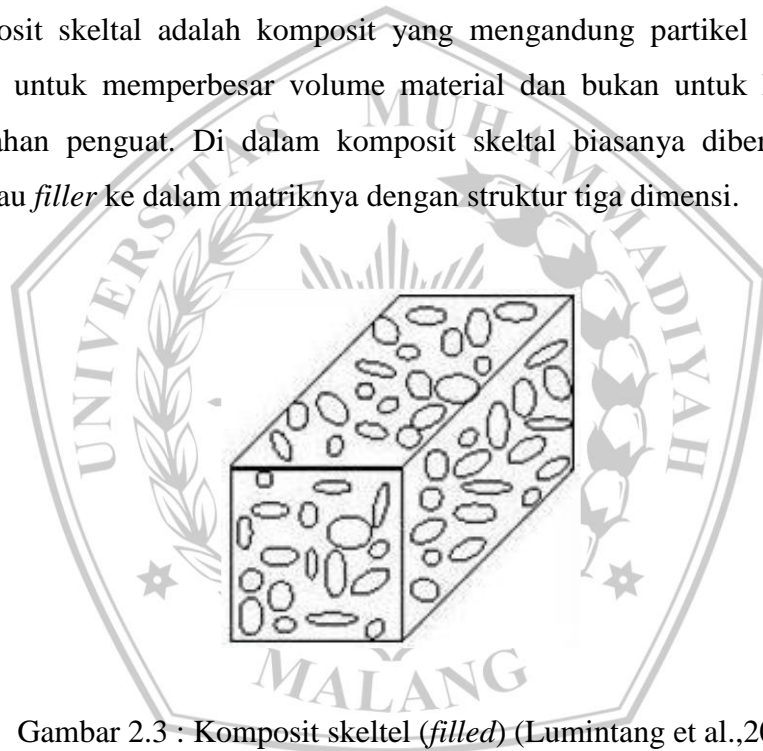
Komposit ini pada umumnya menggunakan bahan penguat yang di distribusikan ke dalam matrik, sehingga komposit yang dihasilkan cenderung lebih bersifat *isotropis* dari pada *anisoprotis*.



Gambar 2.2 : Komposit partikel serpih (*flake*) (Lumintang et al., 2011)

### 3. Komposit Skeltal (*filled*)

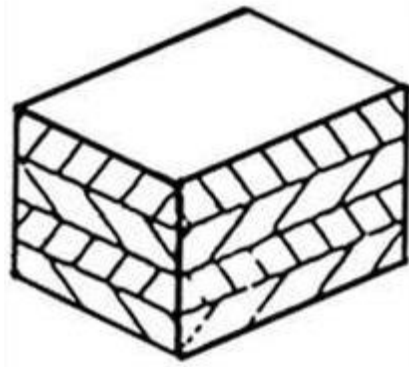
Komposit skeltal adalah komposit yang mengandung partikel yang hanya dimasukan untuk memperbesar volume material dan bukan untuk kepentingan sebagai bahan penguat. Di dalam komposit skeltal biasanya diberi tambahan material atau *filler* ke dalam matriknya dengan struktur tiga dimensi.



Gambar 2.3 : Komposit skeltel (*filled*) (Lumintang et al.,2011)

### 4. Komposit Laminar

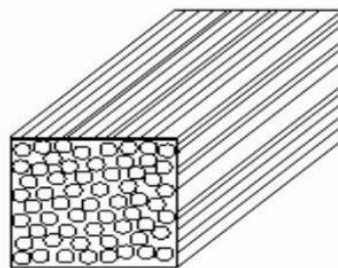
Komposit laminat merupakan jenis komposit yang tersusun atas dua atau lebih laminar. Komposit serat dalam bentuk lamina ini yang paling banyak digunakan dalam lingkup teknologi otomotif maupun industri.



Gambar 2.4 : Komposit Laminar (Lumintang et al.,2011)

### 5. Komposit Serat (*fibrous composite*)

Pada umumnya serat jauh lebih kuat dan kaku dibanding matriknya, sifat dan kandungan seratnya akan sangat menentukan sifat komposit yang dihasilkan. Komposit serat merupakan jenis komposit yang paling banyak digunakan untuk struktur. Komposit serat terdiri dari serat sebagai bahan penguat dan matrik sebagai bahan pengikat, pengisi volume pelindung serat - serat untuk mendistribusikan gaya atau beban antara serat-serat.



Gambar 2.5 : (*Fibrous Composite*) (Lumintang et al.,2011)

### 2.3. Bagian Utama Komposit

Komposit merupakan gabungan dari dua atau lebih material dengan bahan utama yaitu bahan penguat (reinforcement) dan bahan pengikat serat yang disebut matrik.

### 2.3.1. Reinforcement

Salah satu bagian utama dari komposit adalah reinforcement (penguat) yang berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit seperti contoh serat. Bahan penguat yang banyak digunakan adalah serat (fibre). Bahan penguat serat ini masih terbagi lagi atas jenis serat sintetis dan alam. (Lumintang et al.,2011)

- a. Serat Alami
- b. Serat Sintetis (serat buatan manusia)

#### a. Serat alami

Serat alam adalah serat yang berasal dari tumbuhan dan hewan berbentuk seperti benang. Untuk mendapatkan bentuk serat, diperlukan beberapa tahap pemerosesan bergantung dengan karakter bahan dasarnya. Jenis-jenis serat dari tumbuhan antara lain yang berbahan kapas, pelepah pisang, enceng gondong, nanas, dan sebagainya. Sedangkan serat hewan misalnya wool, sutra, dan bulu burung.(Fajri,2013)

Penelitian dan penggunaan serat alami berkembang dengan sangat pesat dewasa ini karena serat alami banyak mempunyai keunggulan dibandingkan serat buatan (sintetik) seperti beratnya lebih ringan dan dapat diolah secara alami dan ramah lingkungan. Serat alami juga merupakan bahan terbarukan dan mempunyai kekuatan dan kekakuan yang relatif tinggi dan tidak menyebabkan iritasi kulit (Astika,2013). Keuntungan-keuntungan lainnya adalah kualitas dapat divariasikan dan stabilitas panas yang rendah. Hal yang paling menonjol dari serat alami adalah ramah lingkungan dan mudah didapat. Dua sifat dasar tersebut membuat banyak ilmuwan tertarik untuk meneliti dan mengembangkan kegunaan serat alami.

Disamping keunggulan tersebut, serat alami juga mempunyai banyak kekurangan antara lain, dimensinya tidak teratur, kaku, rentan terhadap panas, mudah menyerap air dan cepat lapuk (Astika,2013). Penggunaan serat alami sudah merambah ke berbagai bidang kehidupan manusia. Layaknya serat buatan, serat alami juga mampu digunakan dalam aspek yang biasanya menggunakan serat buatan, hanya saja dalam penggunaannya terdapat modifikasi untuk menyesuaikan dengan sifat-sifat dasar dari serat alami.

## b. Serat Sintetis

Serat sintetis atau buatan terbentuk dari polimer-polimer yang berasal dari alam maupun polimer- polimer buatan yang dibuat dengan cara kepolimeran senyawa-senyawa kimia yang relative sederhana (Fajri,2013).Salah satu jenis serat buatan adalah serat gelas. Serat gelas banyak digunakan sebagai bahan penguat dalam komposit. Serat gelas mempunyai kekuatan tarik yang tinggi serta tahan terhadap bahan kimia dan mempunyai sifat isolasi yang baik

Sementara kekurangan dari serat gelas adalah modulus tariknya rendah, massa jenis relatifnya tinggi, sensitive terhadap gesekan, dan kekerasannya tinggi. Fungsi utama dari serat gelas adalah sebagai penopang kekuatan dari komposit, sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat bergantung dari serat yang digunakan, karena tegangan yang dikenakan pada komposit mulanya diterima oleh matriks yang diteruskan serat, sehingga serat akan menahan beban sampai beban maksimum. Oleh karena itu, serat haruslah mempunyai tegangan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada matriks penyusun komposit. Aplikasi dari serat gelas yang terkenal misalnya otomotif dan bodi kapal, pipa plastic, kotak penyimpanan, dan industry dasar (Septiyanto,2016).

### 2.3.2. Matriks

Matriks dalam stuktur komposit dapat berasal dari bahan polimer atau logam. Syarat pokok matriks yang digunakan dalam komposit adalah matriks harus bisa meneruskan beban, sehingga serat harus bisa melekat pada matriks dan dan kompatibel antara serat dna matriks. Matriks dalam susunan komposit berguna untuk melindungi dan mengikat serat agar dapat bekerja dengan baik. Selain itu, matriks juga berfungsi sebagai pelapis serat. Umumnya matriks terbuat dari bahan-bahan lunak dan liat. Syarat yang harus dipenuhi bahan matriks untuk material komposit, antara lain :

1. Resin yang dipakai harus memiliki viskositas rendah dapat sesuai dengan bahan penguat dan permeable.
2. Dapat diukur dalam termperatur kamar dalam waktu yang optimal.
3. Memiliki penyusutan yang kecil dalam pengawetan.
4. Memiliki kelengketan yang baik dengan bahan penguat (fiber).



5. Memiliki sifat baik dari bahan yang diawetkan

Sebagai bahan penyusun utama dari komposit, matriks harus mengikat secara optimal, agar beban yang diterima dapat diteruskan secara optimal oleh serat, sehingga diperoleh kekuatan yang tinggi. Beberapa fungsi matriks dalam komposit antara lain :

1. Melindungi serat dari pengaruh lingkungan yang merugikan.
2. Mencegah permukaan serat dari gesekan mekanik
3. Mempertahankan posisi serat
4. Mendistribusikan sifat-sifat tertentu bagi komposit, diantaranya : kekuatan, ketangguhan dan ketahanan panas.

Ada beberapa macam bahan matriks yang sering digunakan dalam material komposit, antara lain :

1. Matriks polimer

Ada dua macam matriks polimer, yaitu thermoplastic dan thermoset :

a. Resin Thermoplastic

Resin thermoplastic merupakan bahan yang dapat lunak apabila dipanaskan dan mengeras jika didinginkan. Resin ini akan menjadi lunak dan dapat kembali seperti semula jika dipanaskan, karena molekul-molekulnya tidak mengalami ikatan silang (cross linking). Contoh dari resin thermoplastic yaitu.

1. Poly Propylene

Poly Propylene merupakan polimer kristalin dari proses polimerisasi gas propilena. Poly Propylene memiliki ketahanan terhadap bahan kimia yang tinggi, namun memiliki pukul (impak) rendah.

2. Poliamida (nylon)

Nylon merupakan istilah yang digunakan terhadap poliamida yang memiliki sifat-sifat yang dapat dibentuk oleh serat, film, dan plastik.

3. Poly Vinyl Chlorida (PVC)

Poly Vinyl Chlorida (PVC) merupakan hasil polimerisasi monomer vinil klorida dengan bantuan katalis. Pemilihan katalis tergantung pada jenis polimerisasi yang digunakan.

4. Poly Styrene

Poly styrene merupakan hasil polimerisasi dari monometer-monometer stirena. Dimana monometer stirena didapat dari hasil proses dehidrogenisasi dari etil benzene dengan bantuan katalis.

b. Resin Thermoset

Resin thermoset merupakan bahan yang tidak dapat mencair atau lunak kembali apabila dipanaskan. Resin thermoset tidak dapat didaur ulang karena telah membentuk ikatan silang antara rantai-rantai molekulnya. Sifat mekanis dari resin ini bergantung dari unsur molekul yang membentuk jaringan, rapat, dan panjang jaringan silang. Ada beberapa macam resin thermoset, antara lain:

1. Polyester

Matriks polyester paling banyak digunakan, terutama untuk aplikasi konstruksi ringan, selain itu harganya pun murah. Resin ini memiliki karakteristik yang khas, yaitu dapat diwarnai, transparan, dapat dibuat kaku, dan fleksibel, tahan air, tahan cuaca dan bahan kimia. Polyester dapat digunakan pada suhu lebih dari 79°C. Tergantung partikel resin dan keperluannya.

2. Resin Amino

Resin amino terbuat dari campuran amino yang dikondensasikan. Dapat juga disebut dengan amino plastic.

3. Epoxy

Resin epoxy sering digunakan sebagai bahan pembuat material komposit. Resin ini dapat direkayasa untuk menghasilkan sejumlah produk yang berbeda guna menaikkan kinerjanya.

4. Resin Furan

Resin furan biasanya digunakan untuk pembuatan material campuran. Pembuatannya dengan menggunakan proses pemanasan dan dapat dipercepat dengan penambahan katalis asam. Resin ini memiliki ketahanan terhadap bahan-bahan kimia dan tahan terhadap korosi.

5. Vinyl Ester

Matriks jenis ini dikembangkan untuk menggabungkan kelebihan dari resin epoxy. Vinyl ester memiliki ketangguhan mekanik dan ketahanan korosi yang sangat baik.

6. Matriks Logam

Matriks logam merupakan matriks yang penyusunnya suatu logam seperti aluminium. Penggunaan matriks logam biasanya sebagai bahan untuk pembuatan komponen otomotif.

#### 7. Matriks Keramik

Matriks keramik digunakan pada lingkungan bertemperatur sangat tinggi, bahan ini menggunakan keramik sebagai matriks dan diperkuat dengan serat pendek atau serabut-serabut yang terbuat dari silikon karbida atau boron nitride.

#### 8. Matriks Karet

Karet adalah polimer bersistem cross linked yang memiliki kondisi semi kristalis dibawah temperature kamar.

#### 9. Matriks Karbon

Matriks karbon merupakan fiber yang direkatkan dengan karbon sehingga terjadi karbonisasi.

### 2.3.3. Katalis

Bahan tambahan pada pembuatan material komposit adalah katalis (hardener). Katalis merupakan bahan kimia yang ditambahkan pada matriks resin polyester yang bertujuan untuk proses pembekuan matrik. Katalis adalah suatu bahan kimia yang dapat meningkatkan laju suatu reaksi tanpa bahan tersebut menjadi ikut terpakai, dan setelah reaksi berakhir, bahan tersebut akan kembali ke bentuk awal tanpa perubahan kimia (Oroh,2013). Jika terlalu banyak dalam penggunaan katalis yang digunakan terhadap matrik maka menyebabkan proses laju pengerasan cepat dan pencampuran katalis yang berlebihan akan menimbulkan getas pada material komposit. Oleh sebab itu pemakaian katalis terhadap komposit sebaiknya tidak melebihi 1% dari volume resin.

### 2.4. Metode Pembuatan Komposit

Pada umumnya metode pembuatan material komposit memiliki dua cara, antara lain. (Setyanto,2012)

#### 1. Proses Cetakan Terbuka

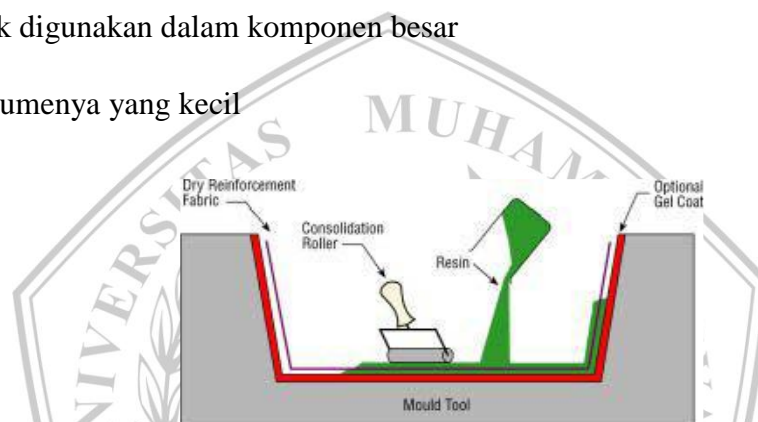
Dalam metode cetakan terbuka memiliki 5 cara proses pembuatan material komposit, antara lain:

a. *Hand Lay Up*

*Hand lay up* merupakan cara yang paling mudah. Adapun proses dari pembuatan komposit dengan metode ini yaitu menuangkan resin dengan ke dalam serat dengan bentuk seperti rajutan, setelah itu memberikan tekanan dan meratakan menggunakan rol. Proses ini dilakukan secara berulang kali dengan ketebalan yang dibutuhkan terpenuhi.

Keuntungan dalam metode tersebut antara lain:

1. Tidak sulit untuk dikerjakan.
2. Baik digunakan dalam komponen besar
3. Volumennya yang kecil

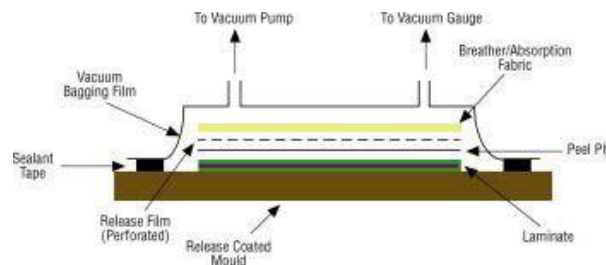


Gambar 2.6 Metode *Hand Lay Up* (Setyanto,2012)

b. *Vacuum Bag*

Metode *Vacuum Bag* adalah penyempurnaan metode *hand lay up*. Metode *vacuum bag* bertujuan agar menghilangkan udara yang tertinggal. Dalam metode penggunaan pompa *vacuum* untuk menghisap udara yang ada didalam wadah. Dengan divakumkan udara pada wadah mengakibatkan udara yang berada diluar akan menekan ke arah dalam. Sehingga mengakibatkan udara yang tertinggal didalam spesimen komposit dapat diminimalisir.

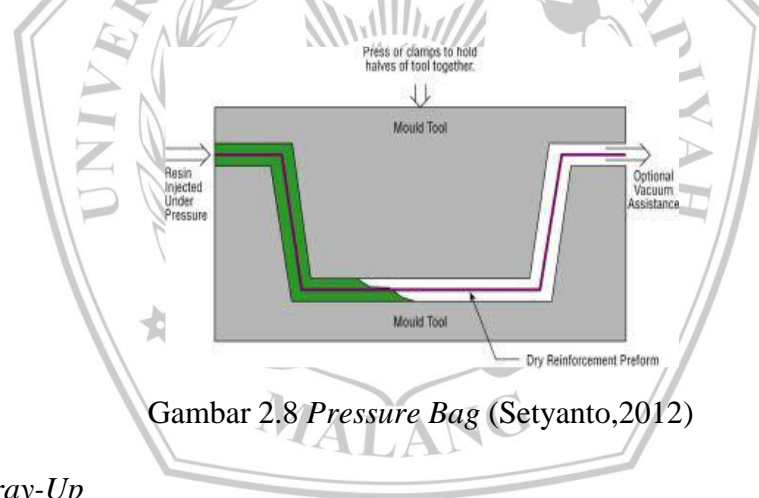
Jika dibandingkan dengan metode *hand lay up*, metode ini dapat memberikan reaksi adhesi yang lebih baik antara serat dan matrik. Aplikasi dari metode ini yaitu pembuatan kapal besar dan lain-lain.



Gambar 2.7 Metode *Vacuum Bag* (Setyanto,2012)

c. *Pressure Bag*

*Pressure bag* mempunyai kemiripan dengan metode *vacuum bag*, akan tetapi metode ini tidak menggunakan pompa vakum lebih tepatnya menggunakan udara yang dialirkan melawati wadah elastis. Wadah elastis ini yang akan berhubungan langsung terhadap material komposit yang akan dilakukan pemrosesan. Pada umumnya tekanan yang digunakan dalam proses tersebut yaitu sebesar 30 psi hingga 50 psi. Pengaplikasian metode ini yaitu pembuatan tangki, turbin angin dan lain-lain.



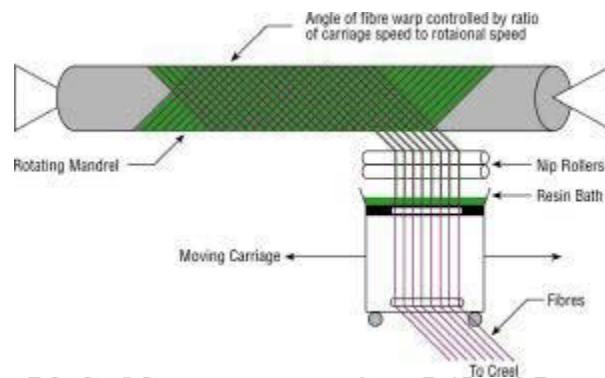
Gambar 2.8 *Pressure Bag* (Setyanto,2012)

d. *Spray-Up*

*Spray-Up* adalah salah satu cara dengan cetakan terbuka yang digunakan agar dapat mendapatkan hasil yang kompleks dari metode *hand lay up*. Proses *spray-up* digunakan dengan cara menyemprotkan serat yang dialirkan melalui tempat pemotongan. Sementara itu resin yang sudah tercampur bersama katalis disemprotkan kedalam cetakan yang telah disediakan kemudian proses dilanjutkan dengan menunggu bahan mengeras pada suhu normal. Proses tersebut juga membuat struktur kekuatan yang rendah dan pada umumnya tidak termasuk kedalam hasil akhir. Pengaplikasian dalam metode tersebut yaitu pembuatan bak mandi.

e. *Filament Winding*

Serat jenis *roving* dialirkan melewati cetakan yang terisi matrik, setelah itu serat diputar di daerah sekeliling mandrel yang sedang berputar arah. Proses tersebut dilakukan secara berulang kali agar mendapatkan hasil yang dibutuhkan. Pengaplikasian dalam metode ini yaitu pipa silinder.



2.9 Metode *Filament Winding* (Setyanto, 2012)

2. Proses Cetakan Tertutup

A. Proses Cetakan Tekan

Proses cetakan ini memakai sistem hidrolik sbagai penekan. *Fiber* yang telah dipadukan bersama matrik akan dimasukkan ke dalam rongga cetakan, setelah itu dilakukan penekanan dan pemanasan. Pengaplikasian dari metode ini yaitu alat rumah tangga.

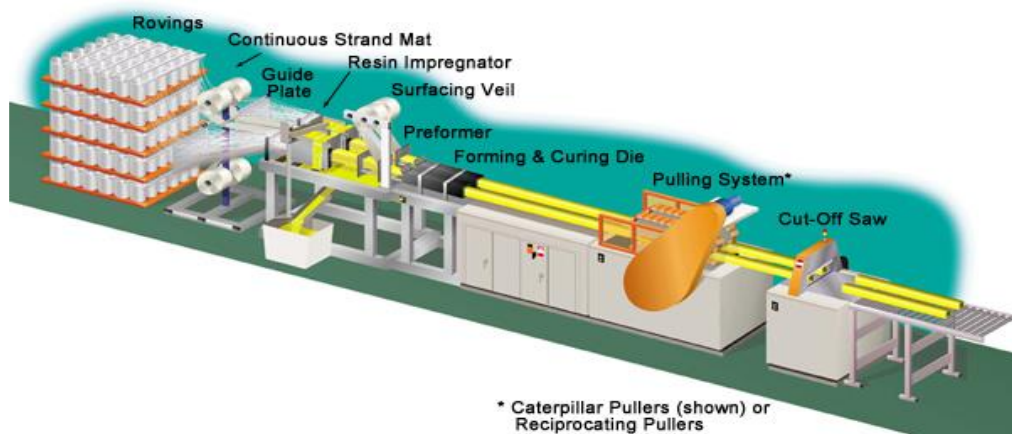
B. *Injenction Moulding*

Metode ini sering disebut pelapisan bertekanan tinggi serat dan matriks dimasukkan kedalam rongga cetakan bagian atas, suhu temperatur harus dijaga agar dapat mencarikan matrik. Serat dan matrik akan dialirkan ke bagian bawah, setelah itu diinjeksi pada nozel menuju cetakan.

C. Continuous Pultrusion

Serat tipe seperti dialirkan melewati cetakan yang berisikan resin, kemudian dimasukkan ke dalam cetakan dan diawetkan (cure), setelah itu dilakukan pengerolan sesuai dengan ukuran yang dibutuhkan. Proses ini sering dinamakan sebagai penarikan serat dari suatu jaringan melalui bak

resin, setelah itu dialirkan terhadap cetakan yang telah dipanaskan. Fungsi dari cetakan itu sendiri adalah mengatur kandungan resin, memenuhi pengisian serat, dan mengeraskan bahan menjadi bentuk akhir setelah melewati cetakan.



Gambar 2.10 Metode *Continuous Pultrusion* (Setyanto,2012)

Dalam penelitian yang akan saya lakukan, yaitu dengan metode *Hand Lay Up* dengan cairan resin yang telah diberikan katalis dan kemudian meletakkan diatas penguat (fibre) yang telah diletakkan pada cetakan. Metode *Hand Lay-Up* juga dipilih karena sesuai untuk pembuatan komposit dengan dimensi standart benda uji.

## 2.5. Ketangguhan Impak

Ketangguhan impak adalah suatu kriteria penting untuk mengetahui kegetasan polimer. Pengujian Impak charpy (Gambar 2.11) dalam hal ini sering dipakai. Untuk melihat pengaruh takikan ada cara pengujian dengan takikan pada batang uji. Umumnya kekuatan impak bahan polimer lebih kecil dibandingkan bahan logam.

Pengujian impak ini dilakukan untuk mengetahui ketangguhan sampel terhadap dinamis. Sampel uji berbentuk persegi panjang dengan ukuran panjang 62 mm sesuai dengan ASTM D5942-96. Kemudian sampel diletakkan pada posisi awal dengan sudut 150°, kemudian hammer dihempaskan secara tiba-tiba sehingga menumbuk sampel, sbelum dilakukan pengujian sampel terlebih dulu dilakukan percobaan tanpa sampel penguji. Hal ini dilakukan untuk mengetahui besarnya energi yang hilang akibat gesekan pada porosnya dan gesekannya dengan udara.



Setelah penumpukan sampel hingga sampel patah/ retak maka pengukuran dilakukan dengan membaca skala yang ditunjukkan oleh jarum skala.

Prinsip pengujian impak ini adalah menghitung energi yang diberikan beban dan menghitung energi yang diserap oleh spesimen. Saat beban dinaikan pada ketinggian tertentu, beban memiliki energi potensial, kemudian saat menumbuk spesimen energi kinetik mencapai maksimum. Energi yang diserap spesimen akan menyebabkan spesimen mengalami kegagalan. Bentuk kegagalan ini tergantung pada jenis materialnya, apakah patah getas atau patah ulet. Kekuatan impak dapat dihitung dengan persamaan :

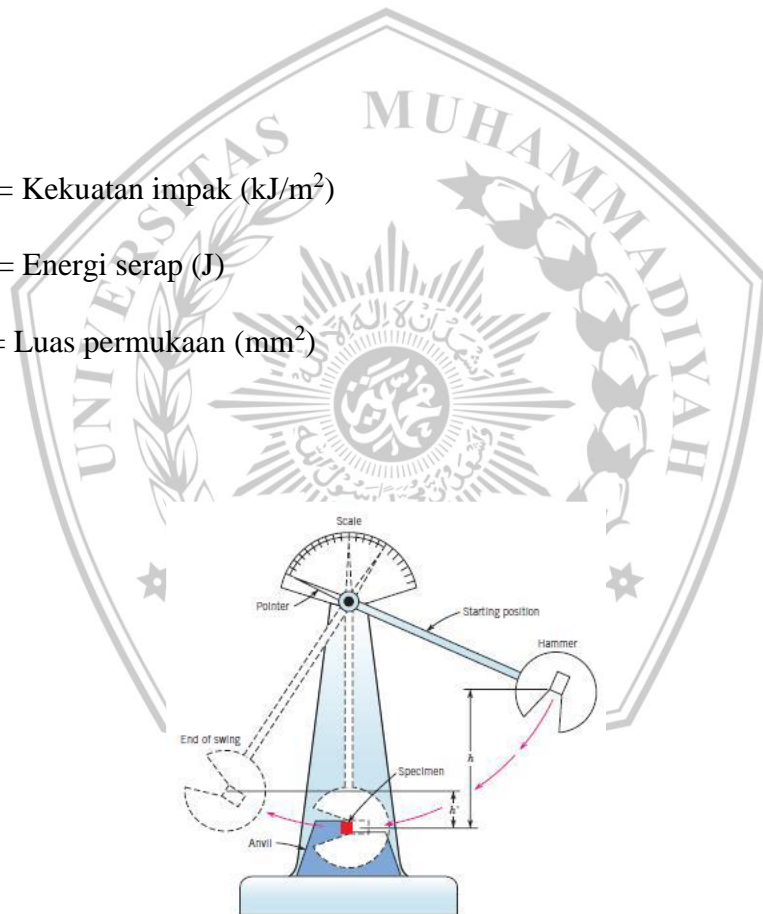
$$I_s = E_s/A$$

Dimana :

$I_s$  = Kekuatan impak ( $\text{kJ/m}^2$ )

$E_s$  = Energi serap (J)

$A$  = Luas permukaan ( $\text{mm}^2$ )



Gambar 2.11 Ilustrasi skematis pengujian impak (Lumintang,2011)

## 2.6. Perpatahan Impak

Secara umum sebagaimana analisis perpatahan pada benda hasil uji Tarik maka perpatahan impak digolongkan menjadi 3 jenis, yaitu :



1. Perpatahan berserat (fibrous fracture, merupakan mekanisme yang melibatkan pergeseran bidang bidang kristal di dalam bahan (logam) yang ulet (ductile). Ditandai dengan permukaan perpatahan berserat yang membentuk dimple yang menyerap cahaya dan berpenampilan burem.
2. Perpatahan granular/kristalin merupakan hasil dari mekanisme pembelahan (cleavage) pada butir-butir dari bahan (logam) yang rapuh (brittle). San ditandai dengan permukaan perpatahan yang datar yang mampu memberikan daya pantul cahaya tinggi (mengkilat).
3. Perpatahan campuran (berserat dan granular). Merupakan kombinasi dua jenis perpatahan diatas.

### 2.6.1. Patah Getas Patah Ulet

Secara umum perpatahan dapat digolongkan menjadi dua golongan umum, yaitu :

- Patah Ulet/liat  
Patah yang ditandai oleh deformasi plastis yang cukup besar, sebelum dan selama proses perjalanan retak.
- Patah Getas  
Patah yang ditandai oleh adanya kecepatan perjalanan retak yang tinggi, tanpa terjadi deformasi kasar, dan sedikit sekali terjadi deformasi mikro

Ada 3 faktor dasar yang dapat mendukung terjadinya patah, perubahan dari benda ulet menjadi patah getas :

1. Keadaan tegangan 3 sumbu/takikan
2. Suhu yang rendah
3. Laju regangan yang tinggi/laju pembebanan yang cepat

### 2.7. Serat Daun Nanas

Serat daun nanas (*Agave Cantala*) adalah salah satu jenis serat yang berasal dari tumbuhan (*vegetable fibre*) yang diperoleh dari daun-daun tanaman nanas. Tanaman nanas yang juga mempunyai nama lain, yaitu Ananas Cosmosus, (termasuk dalam *family Bromeliaceae*), pada umumnya termasuk jenis tanaman

semusim. Sejarah mengatakan bahwa, tanaman ini berasal dari Brazilia dan dibawa ke Indonesia oleh para pelaut Spanyol dan Portugis sekitar tahun 1599.

Sudah banyak tanaman tersebut dibudidayakan di Indoensia, khususnya di pulau Jawa dan Sumatera yang antara lain terdapat di daerah Subang, Majalengka, Purwakarta, Purbalingga, Bengkulu, Lampung dan Palembang, yang merupakan salah satu sumber daya alam yang cukup berpotensi. Setelah dua atau tiga kali panen, tanaman nanas akan dibongkar untuk diganti dengan tanaman yang baru, , oleh karena itu limbah daun nanas terus berkesinambungan sehingga cukup potensial untuk dimanfaatkan sebagai produk tekstil yang dapat memberikan nilai guna

Bentuk daun nanas menyerupai pedang yang meruncing diujungnya dengan warna hijau kehitaman dan pada tepi daun terdapat duri yang tajam. Dari species atau varietas tanaman, panjang daun nanas berkisar antara 55 sampai 75 cm dengan lebar 3,1 sampai 5,3 cm dan dengan tebal daun antara 0,18 sampai 0,27 cm. Di samping species atau varietas nanas, jarak tanam dan intensitas sinar matahari akan mempengaruhi terhadap pertumbuhan panjang daun dan sifat atau characteristic dari serat yang dihasilkan. Intensitas sinar matahari yang tidak terlalu banyak (sebagian terlindung) pada umumnya akan menghasilkan serat yang kuat, halus, dan mirip sutera (*strong, fine and silky fibre*) . Terdapat lebih dari 50 varietas tanaman nanas didunia, beberapa varietas tanaman nanas yang telah dibudidayakan di Indonesia antara lain Cayenne, Spanish/Spanyol, Abacaxi dan Queen. Tabel 1 menunjukkan sifat fisik dari beberapa jenis varietas lain tanaman nanas yang sudah banyak dikembangkan yaitu .

Varietas Nanas	Physical Characteristics		
	Length (cm)	Width (cm)	Thickness (cm)
Assam local	75	4.7	0.21
Cayenalisa	55	4.0	0.21
Kallara Local	56	3.3	0.22
Kew	73	5.2	0.25
Mauritius	55	5.3	0.18
Pulimath Local	68	3.4	0.27
Smooth Cayenne	58	4.7	0.21
Valera Moranda	65	3.9	0.23

Tabel 1.1 Physical Characteristics Serat Daun Nanas. (Hidayat,2016)

Daun nanas memiliki lapisan luar yang terdiri dari lapisan atas dan bawah. Diantara lapisan tersebut terdapat banyak ikatan atau helai-helai serat (*bundles of fibre*) yang terikat satu dengan yang lain oleh sejenis zat perekat (*gummy substances*) yang terdapat dalam daun. Daun nanas sendiri tidak memiliki tulang daun, adanya serat yang ada di dalam daun nanas itu akan memperkuat daun nanas saat pertumbuhannya. Pengukuran berat daun nanas hijau yang masih segar akan dihasilkan kurang lebih sebanyak 2,5 sampai 3,5% serat serat daun nanas.

Pengambilan serat daun nanas biasanya dilakukan pada usia tanaman berkisar antara 1 sampai 1,5 tahun. Serat yang asalnya dari daun nanas yang masih muda biasanya tidak panjang dan kurang kuat. Sedangkan serat yang dihasilkan tanaman nanas yang tidak terlalu tua, terutama tanaman yang pertumbuhannya di alam terbuka dengan intensitas matahari cukup tinggi tanpa pelindung, akan menghasilkan serat yang pendek kasar dan getas atau rapuh (*short, coarse and brittle fibre*). Oleh sebab, itu untuk mendapatkan serat yang kuat, halus dan lembut

perlu dilakukan pemilihan pada daun-daun nanas yang cukup dewasa yang pertumbuhannya sebagian terlindung dari sinar matahari.

### 2.7.1. Ekstraksi Serat Daun Nanas

Pemisahan dan pengambilan serat nanas dari daun nanas (*fiber extraction*) biasanya dilakukan dengan dua macam cara, yakni dengan tangan (*manual*) ataupun dengan peralatan decorticator. Cara yang paling sering digunakan dan praktis adalah dengan proses water retting dan scraping atau secara manual. Water retting adalah proses yang dilakukan oleh micro-organism (*bacterial action*) untuk memisahkan atau membuat busuk zat-zat perekat (*gummy substances*) yang berada disekitar serat daun nanas, sehingga serat akan mudah terpisah dan terurai satu dengan lainnya. Proses retting dilakukan dengan cara memasukkan daun-daun nanas kedalam air dalam periode waktu tertentu. Karena water retting pada dasarnya adalah proses micro-organism, maka beberapa faktor sangat berpengaruh terhadap keberhasilan proses ini, antara lain kondisi dari retting water, pH air, temperatur, cahaya, perubahan kondisi lingkungan, aeration, macro-nutrients, jenis bakteri yang ada dalam air, dan lamanya waktu proses. Daun-daun nanas yang telah mengalami proses water retting kemudian dilakukan proses pengikisan atau pengerokan (*scraping*) dengan menggunakan plat atau pisau yang tidak tajam untuk menghilangkan zat-zat yang masih menempel dan yang masih tersisa pada serat, sehingga serat-serat daun nanas dapat lebih terurai satu dengan lainnya. Serat-serat tersebut kemudian dicuci dan dikeringkan. Karena dilakukan dengan tangan (*manual*), proses water retting dan terutama pada proses scraping diperlukan keahlian dan kesabaran seseorang untuk mengerjakannya. Penelitian menunjukkan kadang proses water retting ini akan menghasilkan warna serat daun nanas yang kecoklat-coklatan akibat adanya proses micro-organism yang tumbuh pada serat

tersebut, yang pada umumnya dikenal dengan istilah rust atau karat . Cara ekstraksi serat daun nanas dapat bisa dilakukan dengan peralatan yang disebut mesin *Decorticator*, prosesnya disebut dengan dekortikasi. Mesin *decorticator* tersusun dari suatu *cylinder* atau drum yang bisa berputar pada porosnya. Permukaan dari *cylinder* yang terpasang dari beberapa plat atau jarum-jarum halus (*blades*) yang dapat menyebabkan proses pemukulan (*beating action*) pada daun nanas, saat *cylinder* berputar. Gerakan perputaran *cylinder* dapat dilakukan secara manual (tenaga manusia) atau menggunakan motor listrik. Pada saat *cylinder* tersebut berputar, daun-daun nanas, sambil dipegang dengan tangan, disuapkan diantara *cylinder* dan pasangan rol dan plat penyuap. Karena daun-daun nanas yang disuapkan mengalami proses pengelupasan, pemukulan dan penarikan (*crushing, beating and pulling action*) yang dilakukan oleh plat-plat atau jarum-jarum halus (*blades*) yang terpasang pada permukaan *cylinder* selama berputar, maka kulit daun ataupun zat-zat perekat (*gummy substances*) yang terdapat disekitar serat akan terpisah dengan seratnya. Dalam setengah proses decortikasi dari daun nanas yang sudah selesai, kemudian dengan pelan, daun nanas ditarik kembali. Dengan cara yang sama ujung daun nanas yang belum mengalami proses decortikasi disuapkan kembali ke *cylinder* dan pasangan rol penyuap. Kecepatan putaran *cylinder*, jarak setting antara *blades* dan rol penyuap, serta kecepatan penyuaan akan mempengaruhi terhadap keberhasilan dan kualitas serat yang dihasilkan.

Untuk mempermudah dalam pemisahan zat-zat yang ada didalam serat dan untuk menghindari kerusakan pada serat, proses decortikasi sebaiknya dilakukan pada kondisi daun dalam keadaan segar dan basah (*wet condition*). Daun-daun

nanas yang telah mengalami proses dekortikasi, kemudian dicuci dan dikeringkan melalui sinar matahari, atau dapat dilakukan dengan cara-cara yang lain.

### 2.7.2. Komposisi Kimia

Hampir semua jenis serat alam, khususnya yang berasal dari tumbuhan (*vegetable fibres*), abaca, henequen, sisal, yute, rami, daun nanas dan lidah mertua,

komposisi dalam kandungan serat secara kimia yang paling besar adalah cellulose, meski unsur atau zat-zat lain tersebut juga terdapat pada serat tersebut, misal fats dan waxes, hemicellulose, lignin, pectin dan colouring matter (*pigmen*) yang menyebabkan serat berwarna. Komposisi kandungan zat-zat tersebut biasanya sangat bervariasi dan tergantung dengan jenis atau varietas tanaman nanas yang berbeda. Zat-zat tersebut perlu dihilangkan atau dikurangi pada proses selanjutnya (*degumming*) agar proses bleaching maupun dyeing dapat lebih mudah dikerjakan. Tabel 2 ini memperlihatkan perbandingan komposisi kimia yang terkandung pada beberapa jenis serat alam, nanas, kapas dan rami. Sedang Tabel 3 ini menunjukkan komposisi kimia dari hasil proses pemisahan serat yang berbeda, decortication dan water retting, pada serat nanas.

Komposisi Kimia	Serat Nanas (%)	Serat Kapas (%)	Serat Rami (%)
Alpha Selulosa	69,5 – 71,5	94	72 – 92
Pentosan	17,0 – 17,8	-	-
Lignin	4,4 – 4,7	-	0 - 1
Pektin	1,0 – 1,2	0,9	3 – 27
Lemak dan Wax	3,0 – 3,3	0,6	0,2
Abu	0,71 – 0,87	1,2	2,87
Zat-zat lain (protein, asam organik, dll.)	4,5 – 5,3	1,3	6,2

Tabel 1.2 Komposisi Kimia Serat Nanas(Hidayat,2016)

Komposisi Kimia	% Komposisi	
	Decortication	Water Retting
Alpha cellulose	79.36	87.36
Hemi cellulose	13.07	4.58
Lignin	4.25	3.62
Ash	2.29	0.54
Alcohol-benzene extractions	5.73	2.72

Tabel 1.3 Komposisi Kimia Serat Nanas pada Metode Proses Pemisahan Serat yang Berbeda(Hidayat,2016)

Sama halnya dengan serat-serat alam lainnya yang berasal dari daun (*leaf fibres*), secara morfologi jumlah serat dalam daun nanas terdiri dari beberapa ikatan serat (*bundle of fibres*) dan masing-masing ikatan terdiri dari beberapa serat (*multi-celluler fibre*). Dari pengamatan dengan microscope, cell-cell dalam serat daun nanas memiliki ukuran diameter rata-rata berkisar 10  $\mu\text{m}$  dan panjang rata-rata 4.5 mm dengan ratio perbandingan antara panjang dan diameter adalah 450. Dengan rata-rata ketebalan dinding cell dari serat daun nanas adalah 8.3  $\mu\text{m}$ . Ketebalan dinding cell ini terletak antara serat sisal (12.8  $\mu\text{m}$ ) dan serat batang pisang (1.2  $\mu\text{m}$ ).(Hidayat,2016).